

СЕКЦИЯ 1. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕПЛОТЕХНИКИ И ЭКОЛОГИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

УДК 621.318.2

А. П. Авдеев, В. И. Матюхин

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ РАЗЛИВКИ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ САМАРИЯ (КС-25) НА МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА

Аннотация

Основной конечной целью металлургического производства является получение металлов и сплавов с заданными характеристиками.

Для достижения поставленной цели следует научиться эффективно использовать тепло металлургических агрегатов (печей). Для этого следует знать и правильно рассчитать параметры работы оборудования.

Магниты Sm₂Co₁₇ целесообразно применять в случае необходимости иметь минимальные размеры и вес конечных изделий. Наиболее целесообразно это в космических аппаратах, авиационной и компьютерной технике, миниатюрных электродвигателях и магнитных муфтах, в носимых приборах и устройствах (часах, наушниках, мобильных телефонах и т.д.) Преимуществом самарий-кобальтовых магнитов перед магнитами из Nd-Fe-B является отличная коррозионная устойчивость, хорошая временная стабильность и стабильность параметров при температурах до 350 °С.

Ключевые слова: магнит, индукционная печь, сплав, редкая земля, структура.

Abstract

The main final goal of metallurgical production is to produce metals and alloys with specified characteristics.

To achieve this goal it is necessary to learn how to effectively use the heat of metallurgical units (furnaces). To do this, you should know and correctly calculate the parameters of the equipment.

Sm₂Co₁₇ magnets it is advisable to use in case of need to have minimum dimensions and weight of the final products. It is most expedient that in spacecraft, aviation and computer technology, a miniature motor and magnetic coupling, to the wearable devices and appliances (clocks, headphones, mobile phones etc.) the Advantage of samarium-cobaltic magnets before the magnets from Nd-Fe-B is an excellent corrosion resistance, good stability and temporary stability of parameters at temperatures up to 350 °C.

Key words: magnet, induction furnace, alloy, rare earth, structure.

Спеченные постоянные магниты из сплавов Sm-Co-Fe-Cu-Zr обладают наилучшим сочетанием высоких значений максимального энергетического произведения $(BH)_{\max}$ и температурной стабильности магнитных гистерезисных свойств. Высокая температура Кюри основной фазы Sm₂Co₁₇ (900 °С), специфическая ячеистая микроструктура и механизм гистерезиса, связанный с задержкой смещения доменных границ, обуславливают низкие значения температурных коэффициентов остаточной индукции и коэрцитивной силы H_c в таких магнитах,

допуская их надежную эксплуатацию при температурах до 350 °С. Для достижения предельных магнитных характеристик магнитов из Sm-Co-Fe-Cu-Zr необходимо сформировать однородную ячеистую микроструктуру и реализовать высокую степень прямоугольности кривых размагничивания, что достигается тщательной оптимизацией химического состава сплавов, режимов спекания и последующей термообработки. Важная роль в технологии изготовления постоянных магнитов методом порошковой металлургии также отводится выплавки сплавов.

В настоящей работе было исследовано влияние температуры разливки сплавов Sm₂Co₁₇ на свойства конечных магнитов, изготовленных из этих сплавов. Для этого за основу был взят следующий шихтовый состав: Sm – 26,3 %, Co – 46,1 %, Fe – 19,2 %, Cu – 5,7 %, Zr – 2,7 %. Выплавка сплавов производилась в вакуумной индукционной печи по следующей схеме. После загрузки шихтовых компонентов и вакуумирования, производился нагрев шихты до температуры примерно 1000 °С в атмосфере. Дальнейший нагрев до температуры 1540 °С производился в атмосфере гелия. После предварительного расплавления металла производилась дошихтовка самарием, в результате температура расплава снижалась до 1400 °С. После загрузки расплав нагревали до температуры разливки. Температура разливки изменялась от 1430 °С до 1520 °С. Разливка производилась в водоохлаждаемую медную изложницу. Выплавленные сплавы и их химические составы в зависимости от температуры разливки приведены в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав сплавов в зависимости от температуры разливки

Название сплава	Температура разливки, °С	Химический состав сплавов, вес. %				
		Sm	Co	Fe	Cu	Zr
Сплав А	1520	25,9	46,9	18,2	6,0	3,0
Сплав Б	1490	25,6	46,9	18,7	5,9	2,8
Сплав В	1460	25,7	47,3	18,6	5,8	2,6
Сплав Г	1430	25,9	46,9	18,5	5,8	2,9

Из полученных сплавов изготавливались магниты по традиционной технологии. Традиционная технология включает в себя следующие этапы:

- грубое измельчение сплавов до частиц размером менее 300 мкм;
- вибрационное измельчение до порошка с размером частиц 4,5 мкм;
- текстурование импульсным магнитным полем величиной 4,0 Тл;
- изостатическое прессование;
- спекание в вакуумной печи в атмосфере аргона 1200 °С – 2 ч;
- высокотемпературная обработка 1180 °С – 7 ч;
- низкотемпературная обработка с закалкой от 400 °С.

Магнитные свойства конечных магнитов измерялись в замкнутой магнитной цепи на установке Permagraph L. Результаты измерений представлены в таблице 2.

После выплавки все сплавы имели одинаковый внешний вид, плотность всех слитков была приблизительно одинаковой и составляла 8,38 г/см³. Из таблицы 1 видно, что температура разливки не оказывает влияния на состав сплавов. Все четыре сплава близки к прогнозируемому составу. Не смотря на схожесть

составов сплавов, свойства конечных магнитов различны. Как видно из таблицы 2, магнитные свойства различаются. Магниты из сплавов А, Б, В имеют одинаковые хорошие свойства при высоких значениях jH_c более 17 кЭ, тогда как магнит из сплава Г имеет низкую коэрцитивную силу.

Таблица 2

Результаты измерений магнитных свойств сплавов

Название сплава	Температура разливки, °С	Магнитные свойства			
		B_r , кГс	bH_c , кЭ	jH_c , кЭ	$(BH)_{max}$, МГсЭ
Сплав А	1520	10,9	10,1	18	27,7
Сплав Б	1490	11,1	10,2	17,5	28,4
Сплав В	1460	11,1	10,2	18	28,5
Сплав Г	1430	11,1	6,0	6,7	26,8

В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что для получения стабильных свойств конечных магнитов, следует производить разливку сплава в диапазоне температур 1460–1520 °С и стремиться к поддержанию стабильной температуры 1460 °С.

Список использованных источников

1. Магнетизм редкоземельных металлов и их интерметаллических соединений: учеб. пособие / Н.В. Кудреватых, А.С. Волегов. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 198 с.
2. Постоянные магниты: справочник / А.Б. Альтман, А.Н. Герберг, П.А. Гладышев [и др.]; под ред. Ю.М. Пятина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. Энергия, 1980. – 488 с.
3. Конструирование и расчет индукционных плавильных печей: учебное пособие / С.В. Карелов, В.И. Матюхин, О.В. Матюхин, Б.А. Сокунов, Л.С. Грובה; под ред. С.Н. Гущина. – Екатеринбург: УрФУ, 2013. – 165 с.

УДК 697.34

А. Я.-О. Алиев, К. А. Щербинин

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ЧЕРЕЗ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Аннотация

Транспортные тепловые потери являются одним из основных показателей энергетической эффективности эксплуатации тепловых сетей и включаются в тарифы на тепловую